

УДК 621.317

ВИМІРЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ СКЛАДНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ ЗА МЕТОДОМ НУЛІВ І ПОЛЮСІВ

Туз Ю. М., Шумков Ю. С.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: tuz@aer.kpi.ua, yu.shumkov@gmail.com

Важливою задачею в процесі виробництва радіоелектронної апаратури є внутрішньосхемний контроль параметрів електро- і радіоелементів (ЕРЕ) вузлів РЕА, плат друкованого монтажу на різних етапах їх зборки. При цьому задача контролю традиційно зводиться до послідовного вимірювання R, L, C -параметрів виділених ділянок схеми у вигляді простих електричних двополюсників (ДП) [1]. Але у загальному випадку моделлю виділених ділянок схеми є багатoelementне двополюсне електричне коло (БДЕК).

При використанні випробувальних сигналів (ВС) однієї із стандартних форм, що описується, наприклад, одиничною ступінчастою функцією, відгук випадку має форму, яка є складною для аналізу. При оцінці значень окремих R, L, C -параметрів кола це призводить до ускладнення апаратури аналізу, необхідності вимірювання відгуку з високою точністю і, відповідно, до істотних втрат часу на контроль.

При контролі ЕРЕ вузлів РЕА номінальні моделі виділених ДП і їх параметри заздалегідь відомі. Основне завдання контролю – це пошук відхилень реальної моделі БДЕК від номінальної. Тому насамперед важливим є оцінка відхилення відгуку за формою від номінального. Якщо відхилення знаходиться в межах допуску, обумовленого допусками на параметри ЕРЕ в складі виділеного ДП, то немає необхідності за формою відгуку оцінювати значення окремих його параметрів і лише при необхідності розв'язання задачі діагностики вимірюються окремі R, L, C -параметри. У зв'язку з цим актуальною задачею є розробка методів, що дозволяють спростити апаратуру аналізу і підвищити продуктивність систем. Із цього погляду перевагу мають методи, засновані на застосуванні спеціально підібраних за формою ВС, що вже під час перехідного процесу забезпечують легко аналізовані вихідні сигнали [2].

За методом нулів і полюсів використовують експоненціальні ВС, які відтворюють інверсну модель функції імітансу БДЕК, що досліджується. Нулі і полюси ВС вибираються так, щоб компенсувати полюси і нулі функції імітансу БДЕК $H_X(\alpha_X^z, \beta_X^p, s)$, де імітанс це або операторний опір $Z_X(s)$ послідовного багатoelementного ДП або операторна провідність $Y_X(s)$ паралельного ДП.

За рахунок вибору моделі ВС можна одержати номінальний відгук у вигляді одиничної ступінчастої функції. Некомпенсовані нулі і полюси визначають відхилення відгуку від номінального, тобто від деякого постійного рівня напруги, що вже легко оцінити і відповідно проконтролювати.

Умова синтезу моделі ідеального ВС $S_{B0}(\alpha_{B0}^z, \beta_{B0}^p, s)$:

$$S_{B0}(\alpha_{B0}^z, \beta_{B0}^p, s) \cdot H_{X0}(\alpha_{X0}^z, \beta_{X0}^p, s) = \frac{1}{s} \times A_0, \quad \alpha_{B0}^z = \beta_{X0}^p; \quad \beta_{B0}^p = \alpha_{X0}^z,$$

де $\alpha_{B0}^z, \beta_{B0}^p$ – номінальні значення нулів і полюсів ВС; $\alpha_{X0}^z, \beta_{X0}^p$ – номінальні значення нулів і полюсів функції імітансу багатоелементного ДП, наприклад $I_{B0}(s)Z_{X0}(s) = \frac{1}{s} \times U_0$ або $U_{B0}(s) \cdot Y_{X0}(s) = \frac{1}{s} \times I_0$. Тоді модель ВС матиме вигляд:

$$S_{B0}(\alpha_{B0}^z, \beta_{B0}^p, s) = \frac{1}{s} H_{X0}^{-1}(\alpha_{X0}^z, \beta_{X0}^p, s) \times A_0$$

Модель реального відгуку (нормований за рівнем при ідеальному ВС):

$$U_X(s) = S_{B0}(\alpha_{B0}^z, \beta_{B0}^p, s) \cdot H_X(\alpha_X^z, \beta_X^p, s) = \\ = \frac{1}{s} H_{X0}^{-1}(\alpha_{X0}^z, \beta_{X0}^p, s) \cdot H_X(\alpha_X^z + \Delta\alpha_X^z, \beta_X^p + \Delta\beta_X^p, s) \times A_0.$$

Якщо $\alpha_X^z = \alpha_{X0}^p$; $\beta_X^p = \beta_{X0}^p$, то нормований відгук матиме вигляд одиничної ступінчастої функції $U_X(s) = 1/s$. Якщо нулі і полюси не скомпенсовані, то відхилення відгуку у часовій області від ступінчастого відтворює відхилення окремих параметрів кола від номінальних.

$$U_X(s) = \frac{1}{s} \times A_0 + \Delta(s), \\ \Delta(s) \cong \sum_{i=1}^m \frac{A_0}{s} H_{X0}^{-1}(\alpha_{X0}^z, \beta_{X0}^p, s) \left(\frac{dH_X(\alpha_X^z, \beta_X^p, s)}{d\alpha_i} \right)_{/\alpha_X=\alpha_{X0}, \beta_X=\beta_{X0}} \cdot \Delta\alpha_i + \\ + \sum_{j=1}^n \frac{A_0}{s} H_{X0}^{-1}(\alpha_{X0}^z, \beta_{X0}^p, s) \left(\frac{dH_X(\alpha_X^z, \beta_X^p, s)}{d\beta_j} \right)_{/\alpha_X=\alpha_{X0}, \beta_X=\beta_{X0}} \cdot \Delta\beta_j,$$

де $\alpha_{X0} = \{\alpha_{i0}\}_{i=1}^m$; $\beta_{X0} = \{\beta_{j0}\}_{j=1}^n$. Такий відгук можна вважати як «узагальнений параметр» багатоелементного ДП, зручний для реалізації процедури контролю.

Для двохелементних ДП метод забезпечує інваріантне визначення окремих R, L, C -параметрів кола у окремі моменти часу, наприклад, на початку або наприкінці перехідного процесу встановлення вихідного сигналу.

Ключові слова: багатоелементне двополюсне електричне коло, метод нулів і полюсів, випробувальний сигнал спеціальної форми.

Література

- [1] Н. П. Байда, И. В. Кузьмин, та В. Т. Шпилевой, *Микропроцессорные системы поэлементного диагностирования РЭА*. Москва, СССР: Радио и Связь, 1987.
- [2] Ю. М. Туз, та В. П. Осадченко, “Некоторые особенности контроля параметров электрических цепей по методу нулей и полюсов”, на *Респ. науч.-техн. конф. Структурные методы повышения точности, чувствительности и быстродействия измерительных приборов и систем*, Киев, СССР, 1985, с. 127-128.